

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan**

Tanah saja biasanya tidak cukup kuat dan tahan, tanpa adanya deformasi yang berarti, terhadap beban roda berulang. Untuk itu perlu lapis tambahan yang terletak antara tanah dan roda, atau lapis paling atas dari badan jalan. Lapis tambahan ini dapat dibuat dari bahan khusus yang lebih baik yaitu perkerasan (Suprato, 2000).

Perkerasan berfungsi untuk melindungi tanah dasar dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan supaya tidak mengalami tegangan dan regangan yang berlebihan oleh akibat beban lalu lintas. Pertimbangan tipe perkerasan yang dipilih terkait dengan dana pembangunan yang tersedia, biaya pemeliharaan, serta kecepatan pembangunan agar lalu lintas tidak terlalu lama terganggu oleh pelaksanaan proyek (Hardiyatmo, 2015).

Asphalt Institute MS-17 mendefinisikan pemeliharaan sebagai pekerjaan rutin untuk menjaga kondisi perkerasan agar sedekat mungkin masih dalam tingkat pelayanan yang memadai, sedangkan, rehabilitas didefinisikan sebagai perpanjangan umur struktur perkerasan ketika rekayasa pemeliharaan tidak lagi mampu memelihara pelayanan lalu-lintas yang memadai (Hardiyatmo, 2015).

Kerusakan-kerusakan pada perkerasan jalan atau lapisan penutup aspal harus diprioritaskan perbaikannya, karena di daerah dengan curah hujan yang tinggi seperti Indonesia, perkerasan dapat lebih cepat rusak. Pengamat jalan harus mengamati daerah sekitar kerusakan, muka air yang tinggi atau saluran air yang tidak memadai, yang menjadi penyebab dari kerusakan (DPU, 1995).

Perbaikan perkerasan ini seringkali dilakukan hanya dengan cara pelapisan ulang yaitu melapisi perkerasan lama dengan perkerasan yang baru. Hal ini dapat menyebabkan terus bertambahnya elevasi jalan akibat proses pelapisan yang berulang-ulang. Kerusakan yang terus menerus terjadi mengakibatkan tidak adanya

pilihan lain selain melakukan konstruksi ulang dengan membongkar struktur lapisan perkerasan dan memperbaikinya mulai dari lapis pondasi atau lapisan yang bermasalah. Hasil bongkaran lapisan aspal itu praktis menjadi limbah tidak berguna biasa disebut dengan RAP (Reclaimed Asphalt Pavement), sehingga menimbulkan permasalahan yang baru. Penangan dengan teknologi daur ulang perkerasan (Pavement Recycling) merupakan suatu alternative untuk mengatasi masalah ini karena dapat mengembalikan kekuatan perkerasan dan mempertahankan geometric jalan serta bisa mengatasi ketergantungan akan material baru (Mardhatila dan Muis, 2013).

Berdasarkan (Saodang, 2005) perkerasan jalan raya memiliki 3 kriteria kekuatan yaitu 1). Harus kuat terhadap beban lalu lintas yang melaluinya, 2). Permukaan jalan harus tahan keausan akibat ban kendaraan dan hujan, dan 3). Permukaan jalan harus tahan terhadap cuaca dan temperatur. Alik Ansyori (2003:99) lapisan perkerasan berfungsi untuk menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Dengan demikian memberikan kenyamanan kepada si pengemudi selama masa pelayanan jalan tersebut. Untuk itu dalam perencanaan perlu dipertimbangkan seluruh faktor yang dapat mempengaruhi fungsi pelayanan konstruksi perkerasan jalan seperti:

### **2.1.1 Fungsi jalan**

Berdasarkan fungsinya jalan terbagi menjadi lima yaitu:

1. Jalan arteri primer : dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 60 km/jam, lebar badan jalan tidak kurang 8 meter, jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien, jarak antara jalan masuk/akses langsung tidak boleh lebih pendek 500 meter dan lainnya.
2. Jalan kolektor primer : dirancang dengan kecepatan rencana 40 km/jam, lebar badan jalan tidak kurang 7 meter, jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien dan jarak antaranya lebih dari 400 dan lainnya.

3. Jalan lokal primer : dirancang untuk kecepatan rencana 20 km/jam, kendaraan angkutan barang dan bus diijinkan melalui jalan ini, lebar jalan tidak kurang 6 meter.
4. Jalan arteri sekunder : dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 20 km/jam, lebar jalan tidak kurang 6 meter dan lainnya.
5. Jalan lokal sekunder : dirancang berdasarkan kecepatan rencana paling rendah 10 km/jam, lebar badan tidak kurang 5 meter, angkutan barang dan bus tidak diijinkan melewati jalan ini.

### 2.1.2 Klasifikasi dalam perencanaan perkerasan jalan

Tipe jalan, Jalan dibedakan dua bagian yaitu:

- Tipe jalan I (jalan masuk/akses langsung sangat dibatasi efisien)

**Tabel 2.1** Type Jalan I

Fungsi	Klas
Arteri	I
Utama Sekunder	II
Arteri	II

Sumber : SNI 1732-1989-f

- Tipe jalan II (jalan masuk/akses langsung diijinkan secara terbatas) seperti tabel berikut ini:

**Tabel 2.2** Tipe Jalan II

Fungsi	Volume LL Rencana (smp)	Klas
Utama	Arteri	I
	Kolektor	I
	Kurang dari 10.000	II
Sekunder	Arteri	I
	Kurang dari 20.000	II
	Kolektor	II
	Kurang dari 6000	III
	Lokal	III
	kurang dari 500	IV

Sumber : SNI 1732-1989-f

Kecepatan rencana, kecepatan yang ditetapkan untuk rencana atau desain perencanaan dimana korelasi segi-segi fisiknya akan mempengaruhi kendaraan, kecepatan yang dimaksud kecepatan maksimum yang dipertahankan sehingga kendaraan yangS bergerak seakan-akan diarahkan dalam pergerakannya.

**Tabel 2.3** Kecepatan Rencana

Type jalan	Klas jalan	Kecepatan km/jam
Type I	Klas I	100 atau 80
	Klas II	100 atau 60
Type II	Klas I	60
	Klas II	60 atau 50
	Klas III	40 atau 30
	Klas IV	30 atau 20

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

### 2.1.3 Kinerja Perkerasan (*Pavement Performance*)

Kinerja perkerasan jalan meliputi 3 hal yaitu :

1. Keamanan, yang ditentukan oleh besarnya gesekan akibat adanya kontak antara ban dan permukaan jalan. Besarnya gaya gesek yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk dan kondisi ban, tekstur permukaan jalan , kondisi cuaca dan sebagainya.
2. Wujud perkerasan jalan (*structural perkerasan*), sehubungan dengan kondisi fisik dari jalan tersebut seperti adanya retak-retak, amblas, alur, dan gelombang.
3. Fungsi pelayanan (*functional performance*), sehubungan dengan perkerasan tersebut memberikan pelayanan kepada pemakai jalan. Wujud perkerasan dan fungsi pelayanan umumnya merupakan satu kesatuan yang dapat digambarkan dengan “kenyamanan mengemudi (*riding quality*)” kinerja perkerasan dapat dinyatakan dengan:
  - Indeks permukaan (*serviceability index*)
  - Indeks kondisi jalan (*road condition index*)



- a. Indeks permukaan (*serviceability index*) diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh oleh pengamatan kondisi jalan, meliputi kerusakan seperti retak-retak, alur-alur, lubang-lubang, lendutan pada jalur roda, kekasaran permukaan dan sebagainya yang terjadi selama umur rencana. Indeks permukaan bervariasi dari angka 0-5. Masing-masing angka menunjukkan fungsi pelayanan seperti pada **Tabel 2.3**

**Tabel 2.4** Indeks Permukaan

Indeks Permukaan (IP)	Fungsi Pelayanan
4-5	Sangat baik
3-4	Baik
2-3	Cukup
1-2	Kurang
0-1	Sangat Kurang

Sumber : SNI 1732-1989-f

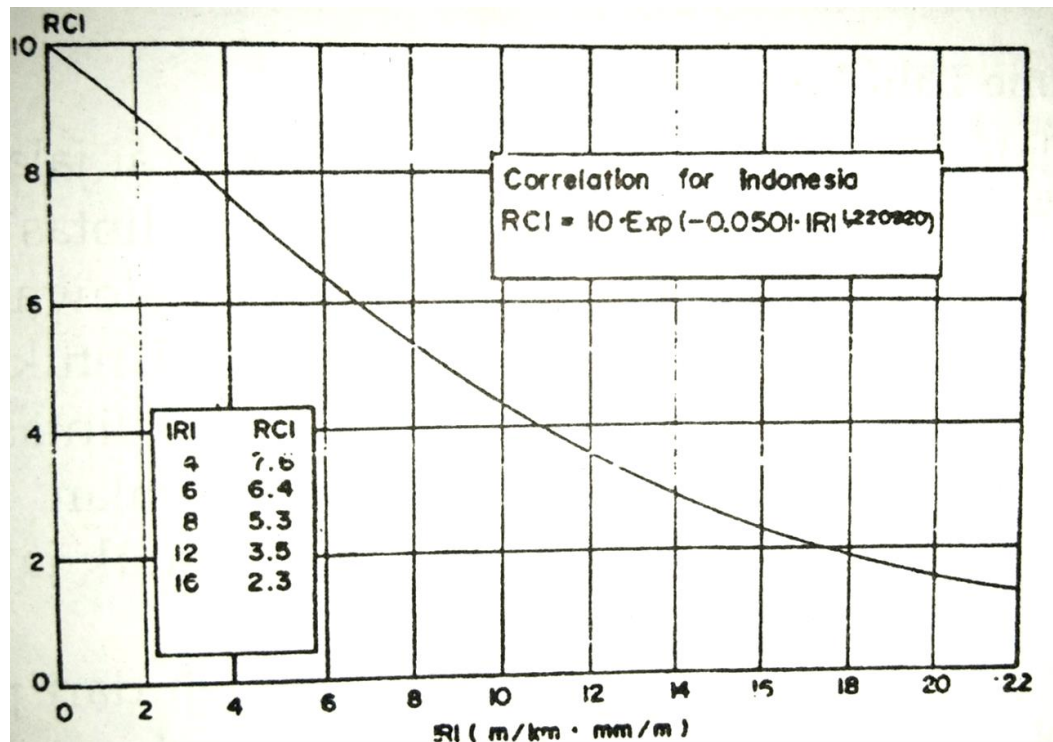
- b. Indeks kondisi jalan (*road condition index*) adalah skala dari tingkat kenyamanan atau kinerja dari jalan, dapat diperoleh sebagai hasil dari pengukuran dengan alat roughometer ataupun secara visual. Skala angka bervariasi dari 2-10, dengan pengertian sebagai berikut:

**Tabel 2.5** Skala Angka *Road Condition Index* (RCI)

Skala Angka RCI	Kondisi Permukaan Jalan secara Visual
8-10	Sangat rata dan teratur
7-8	Sangat baik, umumnya data
6-7	Baik
5-6	Cukup, sedikit sekali tidak ada lubang, tetapi permukaan tidak rata
4-5	Jelek, kadang-kadang ada lubang permukaan jalan tidak rata
3-4	Rusak bergelombang, banyak lubang
2-3	Rusak berat, banyak lubang dan seluruh daerah perkerasan hancur
$\leq 2$	Tidak dapat dilalui, kecuali dengan 4 WD jeep

Sumber : SNI 1732-1989-f

Jika penelitian dilakukan dengan menggunakan alat roughmeter sehingga diperoleh IRI, maka untuk Indonesia digunakan korelasi antara RCI dan IRI seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.1 Korelasi antara RCI dan IRI

## 2.2 Jenis Kontruksi Perkerasan

Menurut Hardiyatmo (2015), berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu :

### 2.2.1 Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)

Perkerasan lentur terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu :

- Lapis permukaan (*surface course*)
- Lapis pondasi (*base course*)
- Lapis pondasi bawah (*subbase course*)

Untuk mengetahui struktur lapisan pada perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 2.1. Lapis permukaan biasanya dibagi menjadi lapis aus (*wearing course*) dan lapis pengikat (*binder course*) yang diletakkan secara terpisah. Lapis pondasi dan lapis pondasi bawah juga dapat diletakkan dalam bentuk komposit yang terdiri dari material-material yang berbeda, yaitu pondasi atas (*upper base*) dan pondasi bawah (*lower base*), atau pondasi bawah bagian atas (*upper subbase*) dan pondasi bawah bagian bawah (*lower subbase*).

Jika tanah kurang kuat (lunak), maka lapisan penutup (*capping layer*) dapat diletakkan di antara lapis pondasi bawah dan tanah pondasi. Permukaan tanah pondasi tersebut dapat menjadi bagian bawah dari material pondasi bawah, atau mungkin bagian atas dari tanah yang distabilisasi (misalnya dicampur dengan semen atau kapur). Lapis aus mempunyai tebal antara 25 - 150 mm, lapis pondasi antara 0 - 225 mm, dan lapis pondasi bawah antara 0 - 400 mm. Di Indonesia, menyarankan untuk setiap Indeks Tebal Perkerasan (ITP) tebal minimum untuk lapis permukaan berkisar antara 50 - 110 mm, lapis pondasi 100-250 mm dan lapis pondasi bawah minimum 100 mm. Nilai tebal minimum tersebut bergantung pada macam bahan yang digunakan.

Kapasitas dukung perkerasan lentur murni, bergantung pada karakteristik distribusi beban dari sistem lapisan pembentuknya. Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan dengan material yang berkualitas tinggi diletakkan di dekat permukaan. Jadi, kekuatan perkerasan lentur adalah lebih dihasilkan dari kerjasama lapisan yang tebal dalam menyebarkan beban ke tanah dasar (*subgrade*), daripada dihasilkan oleh aksi perlawanan pelat terhadap beban.

Perancangan tebal perkerasan dipengaruhi oleh kekuatan tanah dasar. Jika perkerasan aspal mempunyai kekakuan tinggi, maka dapat berperilaku seperti perkerasan kaku, dan kelelahan (*fatigue*) pada permukaan perkerasan, atau pada sembarang komponen perkerasan yang lain, menjadi hal yang menentukan. Sebagai contoh, dalam kondisi tertentu perkerasan aspal dipakai di seluruh kedalamannya. Tipe perkerasan seperti ini akan seperti perkerasan kaku, sehingga cara klasik perancangan perkerasan lentur tidak dipakai lagi. Agar kesamaan ini berlaku, maka

harus digunakan bahan perekat untuk menaikkan stabilitas lapis pondasi atau lapis pondasi bawah. Menurut Sukirman (1999), syarat – syarat berlalu lintas dan kekuatan sturktural adalah sebagai berikut:

**Syarat – syarat berlalu-lintas:**

Untuk memenuhi kriteria konstruksi perkerasan lentur agar dapat memberikan rasa aman dan nyaman berlalu lintas, maka konstruksi perkerasan jalan haruslah memenuhi syarat – syarat sebagai berikut:

- a. Permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut, dan tidak berlubang.
- b. Permukaan cukup kaku, sehingga tidak mudah berubah bentuk akibat beban yang bekerja di atasnya.
- c. Permukaan cukup kesat, memberikan gesekan yang baik antara ban dan permukaan jalan sehingga tak mudah untuk menyalip.
- d. Permukaan tidak mengkilap, tidak silau jika kena sinar matahari.

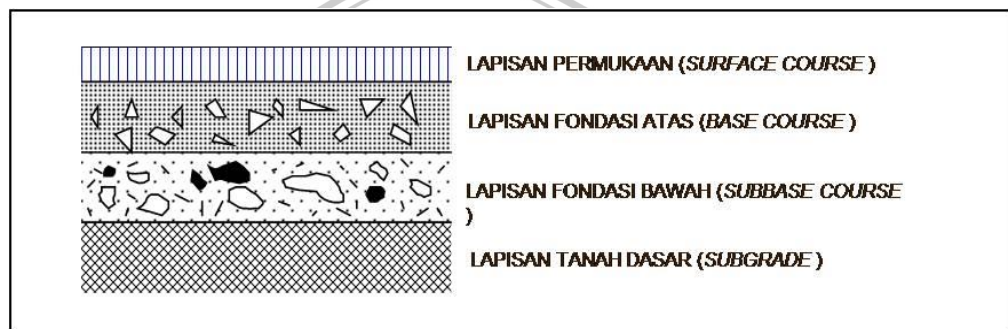
**Syarat – syarat kekuatan atau struktural:**

Konstruksi perkerasan jalan dipandang dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban, haruslah memenuhi syarat – syarat:

- a. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban / muatan lalu lintas ke tanah dasar.
- b. Kedap terhadap air, sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan dibawahnya.
- c. Permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya dapat cepat dialirkan.
- d. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi yang berarti.

Konstruksi perkerasan lentur (flexible pavement) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebabkan beban lalu lintas tanah dasar. Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang terdiri berdasarkan lapisan diatas tanah dasar yang padat. Bahan pengikat perkerasan lentur yaitu aspal. Memiliki sifat yang dapat

menahan beban lalu lintas dan menyebar ke tanah dasar (Yasruddin, 2011). Selain itu, dapat membuat jalan bergelombang karena penurunan dasar tanah (Dinata *et al.*, 2017). Perkerasan lentur memiliki lapisan yaitu lapisan permukaan, lapisan pondasi atas, lapisan pondasi bawah dan tanah dasar (Nurahmi & Kartika, 2012). Untuk mendapatkan keuntungan yang maksimum dari karakteristik diatas, lapisan bahan biasanya disusun secara menurun berdasarkan daya dukung terhadap beban diatasnya. Lapisan paling atas adalah material dengan daya dukung terhadap beban paling besar dan semakin kebawah adalah lapisan dengan daya dukung terhadap beban semakin kecil dan semakin murah harganya (Guntoro, 2014).



Gambar 2.2 Susunan Konstruksi perkerasan lentur

Menurut Sukirman (1999) perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan yaitu lapis permukaan (*surface*), lapisan pondasi atas (*base*), lapis pondasi bawah (*subbase*) dan lapis dan lapis tanah dasar (*subgrade*).

### 2.2.2 Lapis Permukaan (*Surface*)

Lapis permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas, fungsi dari lapisan permukaan adalah sebagai berikut :

- Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan ini memiliki stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
- Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatasnya tidak meresap ke lapisan di bawahnya.
- Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang berada dibawahnya.

### 2.2.3 Lapisan Pondasi Atas (base)

Fungsi dari lapisan pondasi atas adalah sebagai berikut:

- a. Merupakan bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan

### 2.2.4 Lapis Pondasi Bawah (subbase)

Merupakan lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar. Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai:

- a) Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b) Efisiensi penggunaan material, material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan di atasnya.
- c) Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d) Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- e) Lapis pertama agar pekerjaan dapat berjalan lancar hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat besar.
- f) Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar untuk naik ke atas.

### 2.2.5 Lapis Tanah Dasar (subgrade)

Merupakan lapisan dimana akan diletakkan lapis pondasi bawah (subbase). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan, tanah yang di datangkan dari tempat lain dan di padatkan atau tanah yang di stabilisasi dengan



bahan kimia atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar air optimum dan diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana. Hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat. Ditinjau dari muka tanah asli, lapisan tanah dasar dibedakan atas :

- a. Lapisan tanah galian
- b. Lapisan tanah timbunan
- c. Lapisan tanah asli

Sebelum diletakkan lapisan-lapisan lainnya, tanah dasar dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume. Hal ini dikarenakan kekuatan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar.

#### **2.2.6 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)**

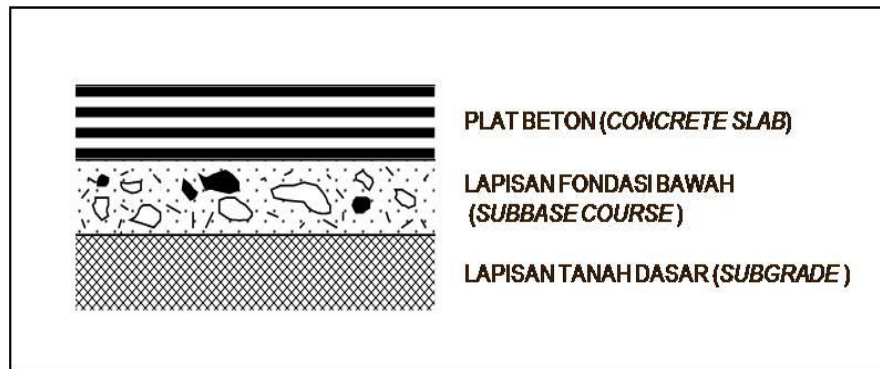
Perkerasan kaku adalah perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat. Beton dengan tulangan atau tanpa tulangan diletakkan di atas lapis pondasi bawah atau langsung di atas tanah dasar yang sudah disiapkan, dengan atau tanpa lapisan aspal sebagai lapis permukaan.

Perkerasan beton mempunyai kekakuan atau modulus elastisitas yang tinggi dari perkerasan lentur. Beban yang diterima akan disebarkan ke lapisan dibawahnya sampai ke lapis tanah dasar. Dengan kekakuan beton yang tinggi, maka beban yang disalurkan tersebut berkurang tekanannya karena makin luasnya areal yang menampung tekanan beban sehingga mampu dipikul oleh lapisan dibawah (tanah dasar) sesuai dengan kemampuan CBR.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Untuk tingkat kenyamanan yang tinggi, biasanya perkerasan kaku dilapisin perkerasan beraspal.



Untuk mengetahui struktur perkeasan kaku dapat dilihat pada Gambar 2.3. Struktur perkerasan kaku pada umumnya terdiri atas: Lapisan Tanah Dasar (subgrade), pelat beton dan lapis permukaan.



Gambar 2.3 Struktur Perkerasan Kaku (Rezaslash, 2012)

Lapis pondasi bawah berfungsi untuk:

- Mengendalikan pengaruh pemompaan (pumping)
- Mengendalikan aksi pembekuan
- Sebagai lapisan drainase
- Mengendalikan kembang-susut-tanah dasar
- Memudahkan pelaksanaan, karena dapat juga berfungsi sebagai lantai kerja
- Mengurangi terjadinya retak pada pelat beton

Perbedaan utama antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur dapat dilihat pada Tabel 2.6.

No.	Keterangan	Perkerasan Lentur	Perkerasan Kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak – retak pada permukaan
3	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar

Sumber: Sukirman (1999)

## 2.3 Kerusakan Jalan

### 2.3.1 Jenis – Jenis Kerusakan

Menurut modul Pemeliharaan Perkerasan Aspal (2007), jenis kerusakan jalan pada perkerasan dapat dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu kerusakan fungsional dan kerusakan struktural.

#### 1. Kerusakan Fungsional

Kerusakan fungsional adalah kerusakan pada permukaan jalan yang menyebabkan terganggunya fungsi jalan dalam melayani lalu lintas pengguna jalan. Perkerasan masih mampu menahan beban yang bekerja di atasnya. Perkerasan tidak lagi dapat memberikan tingkat kenyamanan dan keamanan sesuai yang diinginkan. Adapun indikasi kerusakan fungsional adalah terjadinya kerusakan permukaan (surface defect/surface deterioration) dan kerusakan tepi perkerasan.

#### 2. Kerusakan Struktural

Kerusakan struktural adalah kerusakan pada struktur jalan yang menyebabkan perkerasan tidak mampu lagi menahan beban yang bekerja di atasnya. Hal ini pada umumnya disebabkan karena terjadinya fatigue failure pada struktur jalan (kelelahan akibat peningkatan beban dan repetisi beban lalu lintas) atau karena sistem drainase yang tidak baik atau karena kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Indikasi kerusakan struktural dapat berupa retak (cracks) atau deformasi/perubahan bentuk permanen (permanent deformation) pada permukaan jalan. Untuk itu perlu adanya perkuatan struktur dari perkerasan dengan cara pemberian pelapisan ulang (*overlay*), perbaikan dengan perkerasan kaku (*rigid pavement*), dan perbaikan dengan CTRB (*Cement Treated Recycling Base*).

### 2.3.2 Penyebab Kerusakan Jalan

Menurut Sukirman (1999) kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan dapat disebabkan oleh:

1. Lalu lintas, yang dapat berupa peningkatan beban, dan repetisi beban.

2. Air, yang dapat berasal dari air hujan, sistem drainase jalan yang tidak baik, naiknya air akibat sifat kapilaritas.
3. Material konstruksi perkerasan. Dalam hal ini dapat disebabkan oleh sifat material itu sendiri atau dapat pula disebabkan oleh pengolahan yang tidak baik.
4. Iklim, Indonesia beriklim tropis, dimana suhu udara dan curah hujan umumnya tinggi, yang dapat merupakan salah satu penyebab kerusakan jalan.
5. Kondisi tanah dasar yang tidak stabil. Kemungkinan disebabkan oleh sistem pelaksanaan yang kurang baik, atau dapat juga disebabkan oleh sifat tanah dasarnya yang memang jelek.
6. Proses pemadatan lapisan di atas tanah dasar yang kurang baik.

Umumnya kerusakan-kerusakan yang timbul itu tidak disebabkan oleh satu faktor saja, tetapi dapat merupakan gabungan penyebab yang saling kait mengait. Dalam mengevaluasi kerusakan jalan perlu ditentukan :

- a) Jenis kerusakan (distress type) dan penyebabnya
- b) Tingkat kerusakan (distress severity)
- c) Jumlah kerusakan (distress amount)

Menurut modul Pemeliharaan Perkerasan Aspal (2007), faktor – faktor penyebab kerusakan adalah sebagai berikut:

#### **a. Faktor Lalu – Lintas**

Faktor lalu lintas ditentukan oleh:

- Beban sumbu kendaraan
- Distribusi beban kendaraan pada lalu lintas
- Jumlah pengulangan beban lalu lintas
- Jenis sumbu kendaraan

Daya rusak kendaraan disebut dengan Damage Factor (DF) yang diekivalenkan ke beban standar 8,16 ton. Jika  $P$ =beban kendaraan, maka besarnya Damage Factor adalah pangkat empat dari besarnya beban yang telah diekivalenkan ke beban standar 8,16 ton, maka:

Untuk sumbu tunggal  $DF = \text{fungsi pangkat empat dari } P/8,16 \text{ ton.}$

Untuk sumbu ganda  $DF = 0,086 \text{ kali fungsi pangkat empat dari } P/0,86.$

### **b. Faktor Non Lalu – Lintas**

Faktor non lalu lintas ditentukan:

- Bahan Perkerasan
  - Mengalami proses pelapukan/penuaan (Ageing)
  - Karakteristik aspal yang tidak sesuai spesifikasi
  - Gradasi agregat yang tidak sesuai spesifikasi
  - Agregat yang kotor
  - Dan sebagainya
- Pelaksanaan Perkerasanaan  
 Contohnya pemadatan tanah dasar dan lapis perkerasan yang kurang baik.
- Lingkungan Cuaca
  - Curah hujan yang tinggi, air yang mengalir dapat menggerus kestabilan struktur lapis perkerasan dan genangan air diatas aspal yang terlalu lama dapat menyebabkan aspal terurai karena kehilangan daya lengket.
  - Drainase yang tidak baik, air yang menggenang dapat menerobos masuk ke badan jalan/tanah dasar.
  - Muka air tanah yang tinggi, air yang terjebak didalam lapis perkerasan atau dibawah perkerasan jika terhimpit beban kendaraan dapat menimbulkan tekanan hidrostatik (Pumping) yang kemudian menggerus tanah dasar atau agregat.
  - Tanah dasar ekspansive karena pergerakannya lembab.
  - Temperatur udara yang bervariasi sepanjang tahun.
  - Pergerakan arus panas disebabkan perubahan suhu antara musim panas dengan musim dingin dan siang dengan malam.

### **2.3.3 Indeks Kondisi Perkerasan (*Pavement Condition Index*)**

Indeks kondisi perkerasan atau PCI adalah tingkatan kondisi permukaan perkerasan dan ukuran yang ditinjau dari fungsi daya guna yang mengacu pada kondisi dan kerusakan di permukaan perkerasan yang terjadi (Hardiyatmo, 2015).

Nilai PCI dan kondisi perkerasan jalan ditunjukkan pada Tabel 2.2 mulai dari kondisi yang sempurna sampai pada kondisi yang gagal.

Indeks kondisi perkerasan atau PCI adalah tingkatan kondisi permukaan perkerasan dan ukuran yang ditinjau dari fungsi daya guna yang mengacu pada kondisi dan kerusakan di permukaan perkerasan yang terjadi (Hardiyatmo, 2015). Nilai PCI dan kondisi perkerasan jalan ditunjukkan pada Tabel 2.2 mulai dari kondisi yang sempurna sampai pada kondisi yang gagal.

Dalam sistem penilaian ini, tingkat keparahan kerusakan perkerasan merupakan fungsi dari 3 faktor utama, yaitu:

- a. Tipe kerusakan
- b. Tingkat keparahan kerusakan
- c. Jumlah atau kerapatan kerusakan

Tabel 2.7 Nilai PCI dan Kondisi Perkerasan Jalan

Nilai <i>PCI</i>	Kondisi
86 – 100	Sempurna ( <i>Exelent</i> )
71 – 85	Sangat baik ( <i>Very good</i> )
56 - 70	Baik ( <i>Good</i> )
41 – 55	Sedang ( <i>Fair</i> )
26 -40	Buruk ( <i>Poor</i> )
11 – 25	Sangat buruk ( <i>Very poor</i> )
0 – 10	Gagal ( <i>Failed</i> )

Sumber: Hardiyatmo (2015)

#### a. Kadar Kerusakan / Kerapatan (*Density*)

Density atau kadar kerusakan adalah persentase luasan dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan dari suatu jenis kerusakan terhadap luasan suatu unit segmen yang diukur dalam meter persegi atau meter panjang. Nilai density suatu jenis kerusakan dibedakan juga berdasarkan tingkat kerusakannya.

Rumus mencari nilai density:

$$Density = (Ad/As) \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Atau } Density = (Ld/As) \times 100\% \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan,

Ad = luas total dari satu jenis perkerasan untuk setiap tingkat keparahan kerusakan ( $m^2$ )

$A_s$  = luas total unit sampel ( $m^2$ )

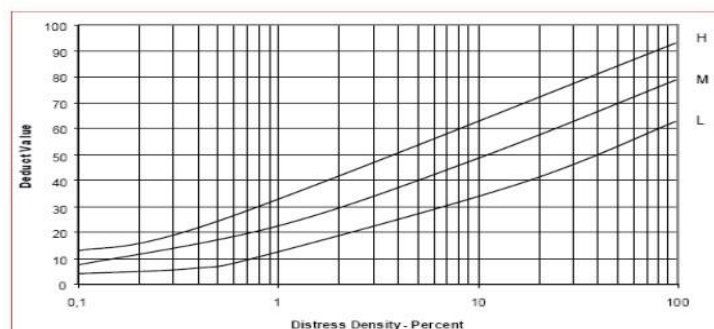
$L_d$  = panjang total jenis kerusakan untuk tiap tingkat keparahan kerusakan

Luas total ( $A_d$ ) merupakan penjumlahan dari beberapa luas kerusakan jalan yang mempunyai jenis dan tingkat kerusakan yang sama. Luas masing-masing jenis kerusakan sesuai dengan tingkat keparahannya juga bisa dihitung dengan menggunakan rumus (2.1).

#### b. Nilai Pengurangan (Deduct Value)

Nilai pengurang atau Deduct Value (DV) adalah suatu nilai pengurang untuk setiap jenis kerusakan yang diperoleh dari kurva hubungan antara density dan tingkat keparahan (severity level) kerusakan. Nilai pengurang juga dibedakan atas tingkat kerusakan untuk tiap-tiap jenis kerusakan. Beberapa nomogram dibuat oleh sesuai dengan jenis kerusakan jalan. Sebagai contoh kerusakan retak buaya, apabila nilai densitas suatu jenis kerusakan dan tingkat keparahan kerusakan diketahui maka nilai DV bisa diperoleh dengan menghubungkan nilai density dengan kurva tingkat keparahan, yaitu dengan menarik garis vertikal nilai densitas tersebut ke atas sampai memotong kurva tingkat keparahan kerusakan, kemudian tarik garis horizontal ke kiri sampai ke sumbu deduct value, seperti Gambar 2.3

Nilai DV yang diperoleh harus disesuaikan dengan jenis perkerasan jalan apakah merupakan perkerasan aspal atau perkerasan beton. Untuk perkerasan aspal digunakan nilai DV lebih besar dari 2 ( $q = 2$ ), artinya nilai DV yang boleh digunakan harus lebih besar dari 2 (dua). Untuk perkerasan beton dan bandara digunakan nilai DV lebih besar dari 5 ( $q = 5$ ), artinya nilai DV yang boleh digunakan harus lebih besar dari 5 (lima). Apabila nilai DV yang ada hanya 1 (satu) maka boleh langsung digunakan sebagai TDV sebagai nilai pengurang. Jika nilai DV lebih dari satu maka harus dicari nilai CDV maksimum.





Nilai DV yang diperoleh harus disesuaikan dengan jenis perkerasan jalan apakah merupakan perkerasan aspal atau perkerasan beton. Untuk perkerasan aspal digunakan nilai DV lebih besar dari 2 ( $q = 2$ ), artinya nilai DV yang boleh digunakan harus lebih besar dari 2 (dua). Untuk perkerasan beton dan bandara digunakan nilai DV lebih besar dari 5 ( $q = 5$ ), artinya nilai DV yang boleh digunakan harus lebih besar dari 5 (lima). Apabila nilai DV yang ada hanya 1 (satu) maka boleh langsung digunakan sebagai TDV sebagai nilai pengurang. Jika nilai DV lebih dari satu maka harus dicari nilai CDV maksimum.

**c. Nilai Pengurang Total (Total Deduct Value)**

Total Deduct Value (TDV) adalah nilai total dari individual deduct value untuk tiap jenis kerusakan dan tingkat kerusakan yang ada pada suatu penelitian. Nilai tersebut merupakan penjumlahan dari nilai deduct value dari semua jenis dan tingkat kerusakan jalan.

**d. Nilai Pengurang Terkoreksi (Corrected Deduct Value)**

Corrected Deduct Value (CVD) diperoleh dari kurva hubungan antara nilai TDV dengan nilai DV. Nilai DV yang digunakan harus lebih besar dari 2 ( $q = 2$ ) dan dikoreksi dengan nilai pengurang ijin ( $m_i$ ),

$$m_i = 1 + \left(\frac{9}{98}\right)(100 - HDV_i) \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan,

$m_i$  = nilai pengurang ijin

$HDV_i$  = nilai pengurang DV tertinggi (Highest Deduct Value)

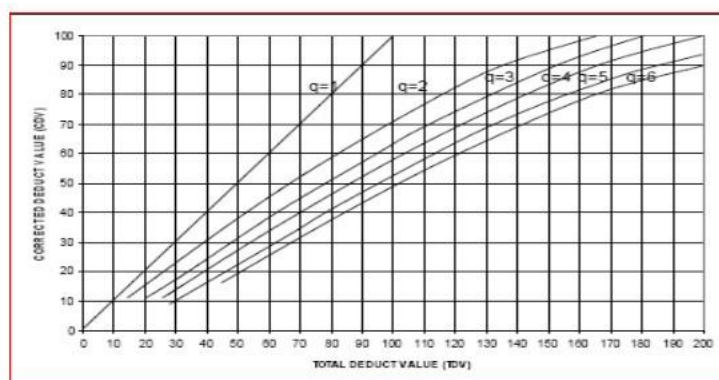
Nilai  $m_i$  merupakan nilai acuan dalam menggunakan nilai DV, Langkah mencari nilai DV:

1. Gunakan nilai DV yang lebih besar dari 2 ( $q = 2$ ), andaikan ada 4 nilai DV.
2. Hitung nilai  $m_i$ .
3. Bandingkan nilai  $m_i$  dengan jumlah nilai DV pada poin 1 (satu), apabila nilai  $m_i$  yang dihitung adalah 5, maka  $m_i > \text{nilai DV}$ , atau nilai  $m_i = 5 > \text{nilai DV} = 4$ , artinya semua data nilai DV harus digunakan dalam perhitungan selanjutnya. Apabila nilai  $m_i < \text{nilai DV}$  maka nilai yang dipakai adalah nilai DV yang lebih besar dari 2 (dua), yaitu  $q = 2$ .



Nilai TDV diperoleh dari penjumlahan nilai DV, dengan melakukan beberapa iterasi sampai nilai  $q$  mencapai angka 1 yaitu nilai TDV sama dengan nilai CDV. Sebagai contoh,

1. Nilai DV ada 4 (empat) buah.
2. Nilai DV = 4 maka nilai  $q = 4$ , jumlahkan semua nilai tersebut menjadi TDV, nomogram hubungan antar TDV dengan CDV dengan  $q = 4$  seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Nilai Pengurang Terkoreksi (CDV) (Hardiyatmo, 2015)

3. Lanjutkan iterasi dengan mengganti 1 (satu) nilai DV yang terkecil dengan angka  $q = 2$ , kemudian jumlahkan semua angka menjadi TDV. Gunakan grafik 2.4 untuk mencari nilai CDV dengan  $q = 3$ .
4. Iterasi selanjutnya dengan mengganti 2 (dua) angka nilai DV dengan angka  $q = 2$ , untuk 2 (dua) nilai DV yang terkecil, kemudian jumlahkan semua nilai DV menjadi TDV, gunakan grafik 2.4 dengan  $q = 2$ .
5. Iterasi terakhir dengan mengganti 3 (tiga) angka nilai DV dengan angka  $q = 2$ , untuk 3 (tiga) nilai DV yang terkecil, kemudian jumlahkan semua nilai DV menjadi TDV, gunakan grafik 2.4 dengan  $q = 1$ .

Hasil perhitungan nilai CDV pada langkah 1 sampai dengan 4 di atas, digunakan nilai CDV yang paling besar (CDVmaksimum). Untuk mendapatkan nilai PCI digunakan rumus,

$$PCI(s) = 100 - CDV \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan,

$PCI(s)$  = *Pavement Condition Index* untuk tiap unit

CDV = *Corrected Deduct Value* untuk tiap unit

Untuk nilai PCI secara keseluruhan:

$$PCI = (\sum PCI(s) / N) \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan,

PCI = Nilai PCI perkerasan keseluruhan

PCI(s) = Nilai PCI untuk tiap unit

N = Jumlah unit

### 2.3.4 Kerusakan yang Terjadi pada Perkerasan Lentur

Menurut Manual Pemeliharaan Jalan Nomor: 03/MN/B//1983 yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga, kerusakan jalan dapat dibedakan atas:

- **Retak (Cracking)**

Retak yang terjadi pada permukaan jalan terdiri dari:

Retak halus (hair cracking) pada Gambar 2.5, lebar celah lebih kecil atau sama dengan 3 mm, penyebabnya adalah bahan perkerasan yang kurang baik, tanah dasar atau bagian perkerasan di bawah lapis permukaan kurang stabil. Retak halus ini dapat meresapkan air kedalam lapis permukaan. Untuk pemeliharaan dapat di pergunakan lapis latasir, atau buras. Dalam tahap perbaikan sebaiknya dilengkapi dengan perbaikan sistem drainase. Retak rambut dapat berkembang menjadi retak kulit buaya.



Gambar 2.5 Retak Halus (Sukirman, 1999)

Retak kulit buaya (alligator crack) pada Gambar 2.6, lebar celah lebih besar atau sama dengan 3 mm. Saling berangkai membentuk serangkaian kotak-kotak kecil yang menyerupai kulit buaya. Retak ini disebabkan oleh bahan perkerasan

yang kurang baik, pelapukan permukaan, tanah dasar atau bagian perkerasan dibawah lapis permukaan kurang stabil, atau bahan lapis pondasi dalam keadaan jenuh air (air tanah naik). Umumnya daerah dimana terjadi retak kulit buaya tidak luas. Jika daerah dimana terjadi retak kulit buaya luas, mungkin hal ini disebabkan oleh repetisi beban lalu lintas yang melampaui beban yang dapat dipikul oleh lapisan permukaan tersebut. Retak kulit buaya untuk sementara dapat dipelihara dengan mempergunakan lapis burda, burtu, ataupun lataston, jika celah  $\leq 3$  mm. Sebaiknya bagian perkerasan yang telah mengalami retak kulit buaya akibat air yang merembes masuk kelapis pondasi dan tanah dasar diperbaiki dengan cara dibongkar dan membuang bagian-bagian yang basah, kemudian dilapis kembali dengan bahan yang sesuai. Perbaikan harus disertai dengan perbaikan drainase disekitarnya. Kerusakan yang disebabkan oleh beban lalu lintas harus diperbaiki dengan memberi lapis tambahan. Retak kulit buaya dapat diresapi oleh air sehingga lama kelamaan akan menimbulkan lubang-lubang akibat terlepasnya butir-butir.



Gambar 2.6 Retak Buaya (Sukirman, 1999)

Retak Pinggir (edge crack) pada Gambar 2.7, retak memanjang jalan, tanpa cabang yang mengarah ke bahu dan terletak dekat bahu. Retak ini disebabkan oleh tidak baiknya sokongan dari arah samping, drainase kurang baik, terjadinya penyusutan tanah, atau terjadinya settlement dibawah daerah tersebut. Akar tanaman yang tumbuh ditepi perkerasan dapat pula menjadi sebab terjadinya retak pinggir ini. Di lokasi retak, air dapat meresap yang dapat semakin merusak lapis permukaan. Retak dapat diperbaiki dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir. Perbaikan drainase harus dilakukan, bahu diperlebar dan dipadatkan. Jika pinggir perkerasan mengalami penurunan, elevasi dapat diperbaiki dengan

mempergunakan hotmix. Retak ini lama kelamaan akan bertambah besar disertai dengan terjadinya lubang-lubang.



Gambar 2.7 Retak Pinggir (Sukirman, 1999)

Retak sambungan bahu dan perkerasan (edge joint crack), retak memanjang, umumnya terjadi pada sambungan bahu dengan perkerasan. Retak dapat disebabkan oleh kondisi drainase dibawah bahu jalan lebih buruk dari pada dibawah perkerasanm terjadinya settlement di bahu jalan, penyusutan material bahu atau perkerasan jalan, atau akibat lintasan truk/kendaraan berat dibahu jalan. Perbaikan dapat dilakukan seperti perbaikan retak refleksi.

Retak sambungan jalan (lane joint cracks) pada Gambar 2.8, retak memanjang, yang terjadi pada sambungan 2 lajur lalu lintas. Hal ini disebabkan tidak baiknya ikatan sambungan kedua lajur. Perbaikan dapat dilakukan dengan memasukkan campuran aspal cair dan pasir kedalam celah-celah yang terjadi. Jika tidak di perbaiki, retak dapat berkembang menjadi lebar karena terlepasnya butirbutir tepi retak dan meresapnya air ke dalam lapisan.



Gambar 2.8 Retak Sambungan Jalan (Sukirman, 1999)

Retak sambungan pelebaran jalan (widening cracks) pada Gambar 2.9, adalah retak memanjang yang terjadi pada sambungan antara perkerasan lama dengan perkerasan pelebaran. Hal ini disebabkan oleh perbedaan daya dukung

dibawah bagian pelebaran dan bagian jalan lama, dapat juga disebabkan oleh ikatan antara sambungan tidak baik. Perbaikan dilakukan dengan mengisi celah-celah yang timbul dengan campuran aspal cair dan pasir. Jika tidak diperbaiki, air dapat meresap masuk kedalam lapisan perkerasan melalui celah-celah, butir-butir dapat lepas dan retak bertambah besar.



Gambar 2.9 Retak Sambungan Pelebaran Jalan (Sukirman, 1999)

Retak refleksi (reflection cracks) pada Gambar 2.10, retak memanjang, melintang, diagonal, atau membentuk kotak. Terjadi pada lapis tambahan (overlay) yang menggambarkan pola retakan dibawahnya. Retak refleksi dapat terjadi jika retak pada perkerasan lama tidak diperbaiki secara baik sebelum pekerjaan overlay dilakukan. Retak refleksi dapat pula terjadi jika terjadi gerakan vertical/horizontal dibawah lapis tambahan sebagai akibat perubahan kadar air pada jenis tanah yang ekspansip. Untuk retak memanjang, melintang, dan diagonal perbaikan dapat dilakukan dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir. Sedangkan retak berbentuk kotak perbaikan dilakukan dengan membongkar dan melapisi kembali dengan bahan yang sesuai.



Gambar 2.10 Retak Refleksi (Sukirman, 1999)



Retak susut (shrinkage cracks) pada Gambar 2.11, retak yang saling bersambungan membentuk kotak-kotak besar dengan sudut tajam. Retak disebabkan oleh perubahan volume pada lapisan permukaan yang memakai aspal dengan penetrasi rendah, atau perubahan volume pada lapisan pondasi dan tanah dasar. Perbaikan dapat dilakukan dengan mengisi celah dengan campuran aspal cair dan pasir dan dilapisi dengan burtu.



Gambar 2.11 Retak Susut (Sukirman, 1999)

Retak selip (slippage cracks) pada Gambar 2.12, retak yang bentuknya melengkung seperti bulan sabit. Hal ini terjadi disebabkan oleh kurang baiknya ikatan antara lapis permukaan dan lapis di bawahnya. Kurang baiknya ikatan tersebut dapat disebabkan oleh adanya debu, minyak, air, atau benda nonadhesif lainnya, atau akibat tidak diberinya coat sebagai bahan pengikat di antara kedua lapisan. Retak selippun dapat terjadi akibat terlalu banyaknya pasir dalam campuran lapisan permukaan, atau kurang baiknya pemadatan lapis permukaan. Perbaikan dapat dilakukan dengan membongkar bagian yang rusak dan menggantikannya dengan lapisan yang lebih baik.



Gambar 2.12 Retak Selip (Sukirman, 1999)

- **Distorsi (Distortion)**

Distorsi atau perubahan bentuk dapat terjadi akibat lemahnya tanah dasar, pemadatan yang kurang pada lapis pondasi, sehingga terjadi tambahan pemadatan akibat beban lalu lintas. Sebelum perbaikan dilakukan sewajarnya ditentukan terlebih dahulu jenis dan penyebab distorsi yang terjadi. Dengan demikian dapat ditentukan jenis penanganan yang tepat. Distorsi dapat dibedakan atas :



Gambar 2.13 Alur (Sukirman, 1999)



Gambar 2.14 Keriting (Sukirman, 1999)



Gambar 2.15 Shoving (Sukirman, 1999)



Gambar 2.16 Amblas (Sukirman, 1999)



- **Cacat Permukaan (Disintegration)**

Yang termasuk dalam cacat permukaan adalah:

- a) Lubang seperti berupa mangkuk, ukuran bervariasi dari kecil sampai besar. Lubang-lubang ini menampung dan meresapkan air ke dalam lapis permukaan yang menyebabkan semakin parahnya kerusakan jalan.
- b) Campuran material lapis permukaan jelek,
- c) Lapis permukaan tipis sehingga ikatan aspal dan agregat mudah lepas akibat pengaruh cuaca.
- d) Sistem drainase jelek, sehingga air banyak yang meresap dan mengumpul dalam lapis perkerasan.
- e) Retak-retak yang terjadi tidak segera ditangani sehingga air meresap masuk dan mengakibatkan terjadinya lubang-lubang kecil. Lubang-lubang tersebut diperbaiki dengan cara dibongkar dan dilapisi kembali. Perbaikan yang bersifat permanen disebut juga deep patch (tambalan dalam),
- f) Pelepasan butir dapat terjadi secara meluas dan mempunyai efek serta disebabkan oleh hal yang sama dengan lubang. Dapat diperbaiki dengan memberikan lapisan tambahan diatas lapisan yang mengalami pelepasan butir setelah lapisan tersebut dibersihkan, dan dikeringkan.
- g) Pengelupasan lapisan permukaan, dapat disebabkan oleh kurangnya ikatan antara lapis permukaan dan lapis dibawahnya, atau terlalu tipisnya lapis permukaan. Dapat diperbaiki dengan cara digaruk, diratakan, dan dipadatkan. Setelah itu dilapis dengan buras.

- **Pengausan (Polished Aggregate)**

Permukaan jalan menjadi licin, sehingga membahayakan kendaraan. Pengausan terjadi karena agregat berasal dari material yang tidak tahan aus terhadap roda kendaraan, atau agregat yang dipergunakan berbentuk bulat dan licin, tidak berbentuk cubical. Dapat diatasi dengan menutup lapisan dengan latasir, buras, atau latasbum.

- **Kegemukan (Bledding Or Flushing)**

Permukaan jalan menjadi licin. Pada temperature tinggi aspal menjadi lunak dan akan terjadi jejak roda. Berbahaya bagi kendaraan. Kegemukan dapat disebabkan pemakaian kadar aspa yang tinggi pada campuran aspal, pemakaian terlalu berlebihan pada pekerjaan prime coat atau tack coat. Dapat diatasi dengan menaburkan agregat panas dan kemudian dipadatkan, atau lapis aspal diangkat dan kemudian diberi lapisan penutup.

- **Penurunan pada Bekas Penanaman Utilitas**

Penurunan yang terjadi disepanjang bekas penanaman utilitas. Hal ini terjadi karena pemadatan yang tidak memenuhi syarat. Dapat diperbaiki dengan dibongkar kembali dan diganti dengan lapis yang sesuai.

## **2.4 Parameter Perencanaan Perkerasan jalan**

Dalam perencanaan tebal perkerasan perkerasan lentur (flexible pavement) membutuhkan beberapa parameter dalam perencanaannya, parameter yang digunakan dalam metoda BINA MARGA sebenarnya hampir sama dengan yang digunakan pada metoda AASHTO 1993 yang dimodifikasi sedikit sesuai dengan kondisi lingkungan dan iklim di Indonesia.

Beberapa parameter perencanaan yang dibutuhkan pada metoda BINA MARGA seperti beban lalu lintas, daya dukung tanah dasar, faktor regional, pertumbuhan lalu lintas, faktor distribusi lajur, koefisien distribusi kendaraan, indeks permukaan dan koefisien kekuatan relatif. Sedangkan pada AASTHO 1993 parameter perencanaan yang dibutuhkan seperti beban lalu lintas, daya dukung tanah dasar, pertumbuhan lalu lintas, faktor umur rencana, reliabilitas, faktor distribusi lajur, koefisien distribusi kendaraan, koefisien drainase, indeks permukaan dan koefisien kekuatan relatif.

### **2.4.1 Beban Lalu Lintas**

Dengan mengetahui secara tepat tingkat kemampuan suatu jalan dalam menerima suatu beban lalu lintas, maka tebal lapisan perkerasan jalan dapat

ditentukan dan umur rencana perkerasan tersebut akan sesuai dengan yang direncanakan. Beban berulang atau repetition load merupakan beban yang diterima struktur perkerasan dari roda-roda kendaraan yang melintasi jalan raya secara dinamis selama umur rencana. Besar beban yang diterima bergantung dari berat kendaraan, konfigurasi sumbu, bidang kontak antara roda dan kendaraan serta kecepatan dari kendaraan itu sendiri. Hal ini akan memberi suatu nilai kerusakan pada perkerasan akibat muatan sumbu roda yang melintas setiap kali pada ruas jalan. Berat kendaraan dibebankan ke perkerasan melalui kendaraan yang terletak di ujung-ujung sumbu kendaraan. Masing-masing kendaraan mempunyai konfigurasi sumbu yang berbeda-beda. Sumbu depan dapat merupakan sumbu tunggal roda, sedangkan sumbu belakang dapat merupakan sumbu tunggal, ganda, maupun tripel.

Berat kendaraan dipengaruhi oleh faktor-faktor sebagai berikut :

1. Fungsi jalan  
Kendaraan berat yang memakai jalan arteri umumnya memuat muatan yang lebih berat dibandingkan dengan jalan pada medan datar.
2. Keadaan medan  
Jalan yang mendaki mengakibatkan truk tidak mungkin memuat beban yang lebih berat jika dibandingkan dengan jalan pada medan datar.
3. Aktivitas ekonomi di daerah yang bersangkutan,  
Jenis dan beban yang diangkut oleh kendaraan berat sangat tergantung dari jenis kegiatan yang ada di daerah tersebut, truk di daerah industri 20 mengangkut beban yang berbeda jenis dan beratnya dengan di daerah perkebunan.
4. Perkembangan daerah  
Beban yang diangkut kendaraan dapat berkembang sesuai dengan perkembangan daerah di sekitar lokasi jalan. Dampak kerusakan yang ditimbulkan oleh beban lalu lintas tidaklah sama antara yang satu dengan yang lain. Perbedaan ini mengharuskan suatu standar yang bisa mewakili semua jenis kendaraan, sehingga semua beban yang diterima oleh struktur perkerasan jalan dapat disamakan ke dalam beban standar. Beban standar ini digunakan sebagai batasan maksimum yang diijinkan untuk suatu kendaraan. Beban yang

sering digunakan sebagai batasan maksimum yang diijinkan untuk suatu kendaraan adalah beban gandar maksimum. Beban standar ini diambil sebesar 18.000 pounds (8.16 ton) pada sumbu standar tunggal. Diambilnya angka ini karena daya pengrusak yang ditimbulkan beban gandar terhadap struktur perkerasan adalah bernilai satu.

#### 2.4.2 Daya Dukung Tanah Dasar

Daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar karena secara keseluruhan perkerasan jalan berada di atas tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau di dekatnya, yang telah dipadatkan sampai dengan tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terhadap perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing jenis tanah tergantung dari tekstur, kepadatan, kadar air, kondisi lingkungan. Tanah dengan tingkat kepadatan yang tinggi mengalami perubahan volume yang kecil jika terjadi perubahan kadar air dan mempunyai daya dukung yang lebih besar jika dibandingkan dengan tanah yang sejenis yang tingkat kepadatannya lebih rendah. Daya dukung tanah dasar (subgrade) pada perencanaan perkerasan lentur dinyatakan dengan nilai CBR (California Bearing Ratio). CBR pertama kali diperkenalkan oleh California Division Of Highways pada tahun 1928. Orang yang banyak mempopulerkan metode ini adalah O.J.Porter. Harga CBR itu sendiri dinyatakan dalam persen. Harga CBR tanah dasar yaitu nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100% dalam memikul beban lalu lintas. Terdapat beberapa parameter penunjuk daya dukung tanah dasar yang paling umum digunakan di Indonesia. Harga CBR dapat dinyatakan atas harga CBR laboratorium dan harga CBR lapangan. Hubungan antara daya dukung tanah dasar (DDT) dengan CBR dapat menggunakan rumus :

$$DDT = 4,3 \log CBR + 1,7 \dots \dots \dots (2.1)$$

Pada persamaan AASHTO menggunakan Modulus Resilien (MR) sebagai parameter tanah dasar yang digunakan dalam perencanaan. Korelasi CBR dengan Modulus resilien (MR) adalah sebagai berikut :

$$MR \text{ (psi)} = 1500 \times CBR \dots\dots\dots(2.2)$$

### 2.4.3 Faktor Regional

Faktor regional berguna untuk memperhatikan kondisi jalan yang berbeda antara jalan yang satu dengan jalan yang lain. Faktor regional mencakup permeabilitas tanah, kondisi drainase yang ada, kondisi persimpangan yang ramai, pertimbangan teknis dari perencana seperti ketinggian muka air tanah, perbedaan kecepatan akibat adanya hambatan-hambatan tertentu, bentuk alinyemen (keadaan medan) serta persentase kendaraan berat dan kendaraan yang berhenti, sedangkan iklim mencakup curah hujan rata-rata pertahun. Kondisi lingkungan setempat sangat mempengaruhi lapisan perkerasan jalan dan tanah dasar antara lain:

1. Berpengaruh terhadap sifat teknis konstruksi perkerasan dan sifat komponen material lapisan perkerasan.
2. Pelapukan bahan material.
3. Mempengaruhi penurunan tingkat kenyamanan dari perkerasan jalan.

Pengaruh perubahan musim, perbedaan temperatur kerusakan-kerusakan akibat lelahnya bahan, sifat material yang digunakan dapat juga mempengaruhi umur pelayanan jalan. Rumus:

$$\text{Presentase jumlah kendaraan berat} = \frac{\text{jumlah kendaraan berat}}{\text{jumlah kendaraan}} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3)$$

Setelah itu dapat dilanjutkan dengan melihat tabel di bawah ini :

**Tabel 2.8** Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I ( $< 6\%$ )		Kelandaian II ( $6-10\%$ )		Kelandaian III ( $> 10\%$ )	
	% Berat kendaraan		% Berat kendaraan		% Berat Kendaraan	
	$\leq 30\%$	$>30\%$	$<30\%$	$>30\%$	$\leq 30\%$	$>30\%$
Iklm I $<900$ mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklm II $>900$ mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga

Keterangan : Iklm I $<900$ mm/th maksudnya curah hujan yang terjadi tahun di bawah 900mm.

#### 2.4.4 Pertumbuhan Lalu Lintas (i %)

Yang dimaksud dengan pertumbuhan lalu lintas adalah pertambahan atau perkembangan lalu lintas dari tahun ke tahun selama umur rencana. Faktor pertumbuhan lalu lintas dinyatakan dalam persen/tahun (%/thn). Faktor yang mempengaruhi besarnya pertumbuhan lalu lintas adalah :

1. Perkembangan daerah tersebut
2. Bertambahnya kesejahteraan masyarakat di daerah tersebut.
3. Naiknya keinginan untuk memiliki kendaraan pribadi.



### 2.4.5 Faktor Umur Rencana

Umur rencana adalah jumlah waktu dalam tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapis permukaan baru. Faktor umur rencana merupakan variable dalam umur rencana dan faktor pertumbuhan lalu lintas yang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$N = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

N = faktor pertumbuhan lalu lintas yang sudah disesuaikan dengan perkembangan lalu lintas.

UR = umur rencana

i = faktor pertumbuhan lalu lintas.

### 2.4.6 Reliabilitas

Reliabilitas adalah kemungkinan (probability) jenis kerusakan tertentu atau kombinasi jenis kerusakan pada struktur perkerasan akan tetap lebih rendah dalam rentang waktu yang diijinkan dalam umur rencana. Konsep reliabilitas merupakan upaya untuk menyertakan derajat kepastian (degree of certainty) ke dalam proses perencanaan untuk menjamin bermacam-macam alternatif perencanaan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan (umur rencana). Faktor perencanaan reliabilitas memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan karenanya memberikan tingkat reliabilitas (R) dimana seksi perkerasan akan bertahan selama selang waktu yang direncanakan. Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi. Tabel 2.4 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah 50% menunjukkan jalan lokal.



**Tabel 2.9** Rekomendasi Tingkat Reliability Untuk Berbagai Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Fungsional	Reabilitas yang di rekomendasikan	
	Dalam Kota	Luar Kota
Jalan antar kota dan bebas hambatan	85 - 99,9	80 - 99,9
Jalan arteri	80 - 99	75 - 95
Jalan kolektor	80 - 95	75 - 95
Jalan lokal	50 - 80	50 - 80

Sumber : *Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Metode Analisa Komponen Bina Marga 2002*

Reliabilitas kinerja perencanaan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas (W18) selama umur rencana untuk memperoleh prediksi kinerja (W18). Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, reliabilitas faktor merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (overall standard deviation,  $S_o$ ) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk W18 yang diberikan. Dalam persamaan desain perkerasan lentur, level of reliability (R) diakomodasi dengan parameter penyimpangan normal standar (standard normal deviate, ZR). Tabel 2.5 memperlihatkan nilai ZR untuk level of reliability tertentu. Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.7
- Deviasi standar ( $S_o$ ) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat. Rentang nilai  $S_o$  adalah 0,40 – 0,50

**Tabel 2.10** Nilai Penyimpangan Normal Standar (Standar Normal Deviate) Untuk Tingkat Reliabilitas Tertentu

Tingkat Keandalan (R)	Simpangan Baku Normal (Z)
50	-0.00
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.475
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.9	-3.750

Sumber : SNI 1732-1989-f

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya, yang menampung lalu lintas terbesar (lajur dengan volume tertinggi). Umumnya lajur rencana adalah salah satu lajur dari jalan raya dua lajur atau tepi dari jalan raya yang berlajur banyak. Persentase kendaraan pada jalur rencana dapat juga diperoleh dengan melakukan survey volume lalu lintas. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka ditentukan dari lebar perkerasan menurut **Tabel 2.11**.

**Tabel 2.11** jumlah lajur berdasarkan lebar perkerasan

Lebar Perkerasan	Jumlah Lajur (n)
$L < 4,50 \text{ m}$	1 lajur
$4,50 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	2 lajur
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 lajur

Sumber : SNI 1732-1989-f

**Tabel 2.12** Faktor Distribusi Lajur (D)

Jumlah lajur per arah	% beban gandar standar dalam lajur rencana
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Sumber : SNI 1732-1989-f

#### 2.4.7 Koefisien Distribusi Kendaraan

Koefisien distribusi kendaraan untuk kendaraan ringan dan berat yang lewat pada jalur rencana ditentukan menurut Tabel 2.13.

**Tabel 2.13** Koefisien Distribusi Kendaraan

Jumlah lajur	Kendaraan ringan		Kendaraan berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	-	0,30	-	0,45
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

Sumber : SNI 1732-1989-f

### 2.4.8 Koefisien Drainase

Faktor yang digunakan untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif sebagai fungsi yang menyatakan seberapa baiknya struktur perkerasan dapat mengatasi pengaruh negatif masuknya air ke dalam struktur perkerasan. Tabel 2.14 memperlihatkan definisi umum mengenai kualitas drainase.

**Tabel 2.14** Definisi Kualitas Air

Kualitas Drainase	Air Hilang Dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak akan mengalir

Sumber : SNI 1732-1989-f

Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam persamaan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D). Tabel 2.10 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

**Tabel 2.15** Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material untreated base dan subbase pada perkerasan lentur

Kualitas drainase	Persen waktu perkerasan dalam keadaan lembab - jenuh			
	< 1	1 – 5	5 – 25	> 25
Baik sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,30 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Cukup	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Buruk	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Buruk sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

Sumber : SNI 1732-1989-f

### 2.4.9 Indeks Permukaan Awal (IPo)

Indeks permukaan adalah suatu angka yang dipergunakan untuk menyatakan nilai daripada kerataan/kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Dalam menentukan

indeks permukaan awal rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana. Adapun beberapa nilai IPo seperti **Tabel 2.16**.

**Tabel 2.16** Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (Ipo)

Jenis lapis permukaan	Ipo	Roughness (mm/km)
Laston	$\geq 4$	$\leq 1000$
	3,9 – 3,5	$\leq 1000$
Lasbutag	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
HRA	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
Burda	3,9 – 3,5	$\leq 2000$
Burtu	3,4 – 3,0	$\leq 2001$
Lapen	3,4 – 3,0	$\leq 3000$
	2,9 – 2,5	$\leq 3000$
Lastasbum	2,9 – 2,5	-
Buras	2,9 – 2,5	-
Latasir	2,9 – 2,5	-
Jalan Tanah	$\leq 2,4$	-
Jalan Kerikil	$\leq 2,4$	-

Sumber : SNI 1732-1989-f

#### 2.4.10 Indeks Permukaan Akhir (IPt)

Dalam menentukan indeks permukaan akhir umur rencana perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekuivalen rencana (LER), berdasarkan tabel 2.17.

**Tabel 2.17** Indeks Permukaan Akhir (Ipt)

Lintas Ekuivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
$< 10$	1 – 1,50	1,50	1,50 - 2	-
10 – 100	1,50	1,50 – 2	2	-
100 – 1000	1,50 – 2	2	2 – 2,50	-
$> 1000$	-	2 – 2,5	2,50	2,50

Sumber : SNI 1732-1989-f

#### 2.4.11 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif (a) diperoleh berdasarkan jenis lapisan perkerasan yang digunakan. Pemilihan jenis lapisan perkerasan ditentukan dari :

1. Material yang tersedia
2. Dana awal yang tersedia
3. Tenaga kerja dan peralatan yang tersedia
4. Fungsi jalan

Besarnya koefisien kekuatan relatif ditentukan oleh Tabel 2.18.





**Tabel 2.18** Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis bahan
$a_1$	$a_1$	$a_1$	MS (kg)	KT (kg/cm <sup>2</sup> )	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	--	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal Macadam
0,25	-	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
0,20	-	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,28	-	590	-	-	
-	0,26	-	454	-	-	Laston ats
-	0,24	-	340	-	-	
-	0,23	-	-	-	-	Lapen (mekanis)
-	0,19	-	-	-	-	Lapen (manual)
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan semen
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,15	-	-	22	-	Stabilitas tanah dengan kapur
-	0,13	-	-	18	-	
-	0,14	-	-	-	100	Batu pecah (kelas A)
-	0,13	-	-	-	80	Batu pecah (kelas B)
-	0,12	-	-	-	60	Batu pecah (kelas C)
-		0,13	-	-	70	Sirtu/pitrun (kelas A)
--		0,12	-	-	50	Sirtu/pitrun (kelas B)
-		0,11	-	-	30	Sirtu/pitrun (kelas C)
-		0,10	-	-	20	Tanah lempung berpasir

Sumber : SNI 1732-1989-f

### 2.4.12 Kategori Kendaraan

Survey volume lalu lintas yang dipakai untuk acuan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga mengkategorikan 12 kendaraan termasuk kendaraan tidak bermotor (non motorized). Sebelumnya, survey pencacahan lalu lintas dengan cara manual perhitungan lalu lintas tersebut mengkategorikan menjadi 8 kelas (Ditjen Bina Marga Pd-T-19-2004). Tabel 2.19 membedakan beberapa kategori kendaraan tersebut. Untuk perencanaan perkerasan jalan digunakan 12 klasifikasi kendaraan. Untuk perencanaan geometrik digunakan hanya 5 kelas kendaraan (MKJI, 1997).

**Tabel 2.19** Kategori jenis kendaraan

IRMS,BM		BM 1992		MKJI 1997	
1	Sepeda motor, skuter, kendaraan roda 3	1	Sepeda motor,skuter ,kendaraan roda 3	1	Sepeda motor,skuter, kendaraan roda 3
2	Sedan,jeep,station wagon	2	Sedan,jeep,station wagon	2	Kendaraan ringan (LV) : mobil penumpang,opelet,pickup,bus kecil,truk kecil
3	Opelet,kombi,dan mini bus	3	Opelet,kombi,dan mini bus		
4	Pikup,mikro truk,dan mobil hantaran	4	Pikup,mikro truk,dan mobil hantaran		
5a	Bus kecil	5	Bus kecil,Bus besar	3	Kendaraan berat (LHV) : bus,truk 2 As
5b	Bus besar				
6a	Truk ringan 2 As	6	Truk ringan 2 As		
6b	Truk sedang 2 As		Truk sedang 2 As		
7a	Truk 3 As	7	Truk 3 As	4	HGV : Truk 3 As,dan truk gandengan
7b	Truk gandeng		Truk gandeng		
7c	Truk semi trailer		Truk semi trailer		
8	Kendaraan tidak bermotor	8	Kendaraan tidak bermotor	5	Kendaraan tidak bermotor

Sumber : international road management system,bina marga>manual kapasitas jalan indonesia

## 2.5 Metode Bina Marga

Penentuan tebal perkerasan lentur jalan didasarkan pada buku Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Metode Analisa Komponen.

Data lalu lintas harian rata-rata dapat diperoleh dengan cara:

$$LHR = \frac{\text{jumlah kendaraan tertinggi}}{K} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana : k = 0,09

**a. Lintas harian rata-rata awal**

Rumus :

$$LHR_{Awal \text{ umur rencan}} = (1 + i)^n \times \text{Volume kendaraan} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

i = angka pertumbuhan lalu lintas pada masa pelaksanaan

n = masa pelaksanaan

**b. Lintas harian rata-rata akhir**

Rumus :

$$LHR_{Awal \text{ umur rencan}} = (1 + i)^n \times \text{volume kendaraan} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

i = angka pertumbuhan lalu lintas pada masa operasional

n = masa operasional jalan

**c.** Koefisien distribusi untuk masing-masing kendaraan Berdasarkan Daftar II SNI-1732-1989-F tentang “TATA CARA PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA DENGAN METODE ANALISA KOMPONEN”, nilai koefisien masing-masing kendaraan dapat dilihat dari tabel 2.11

**d.** Angka ekivalen masing-masing kendaraan Berdasarkan Daftar III SNI-1732-1989-F tentang “TATA CARA PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA DENGAN METODE ANALISA KOMPONEN”, nilai ekivalen masing-masing kendaraan dapat dilihat dari tabel di bawah ini :

**Tabel 2.20** Angka Ekvivalen (E) Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu		Angka Ekvivalen	
Kg	lb	Sumbu Tunggal	Sumbu Ganda
1000	2205	0,0002	-
2000	4409	0,0036	0,0003
3000	6614	0,0183	0.0016
4000	8818	0,0577	0.0050
5000	11023	0,1410	0.0121
6000	13228	0,2933	0.0251
7000	15342	0,5415	0.0466
8000	17637	0,9328	0.0794
8160	18000	1,0000	0.0860
9000	19841	1,4798	0.1273
10000	22046	2,2555	0.1940
11000	24251	3,3022	0,2840
12000	26455	4,6770	0.4022
13000	28660	6,4419	0,5540
14000	39864	8,6447	0,7452
15000	33069	11,4184	0,9820
16000	35276	14,7815	12,712

Sumber : SNI 1732-1989-f

**e. Lintas ekivalen permulaan (LEP)**

Rumus:

$$LEP = \sum (LHR_{awal\ umur\ rencana}^{xc} \times E) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

$c$  = Koefisien distribusi masing-masing kendaraan

$E$  = Angka ekivalen untuk masing-masing kendaraan

**f. Lintas ekivalen akhir (LEA)**

Rumus:

$$LEA = \sum (LHR_{akhir\ umur\ rencana} \times c \times E) \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

$c$  = Koefisien distribusi masing-masing kendaraan

$E$  = Angka ekivalen untuk masing-masing kendaraan

**g. Lintas ekivalen tengah (LET)**

Rumus:

$$LET = \frac{LEP + LEA}{2} \dots \dots \dots (2.10)$$

**h. Faktor penyesuaian**

Rumus:

$$FP = \frac{UR}{10} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

$UR$  = Umur Rencana/masa operasional jalan

**i. Lintas ekivalen rencana (LER)**

Rumus:

$$LER = LET \times FP \dots \dots \dots (2.12)$$

**j. Analisa daya dukung tanah**

Untuk menentukan nilai daya dukung tanah dasar, digunakan persamaan 2.9 pada subbab 2.3.2 berdasarkan SNI-1732-1989-F tentang “TATA CARA PERENCANAAN TEBAL PERKERASAN LENTUR JALAN RAYA DENGAN METODE ANALISA KOMPONEN”.

**k. Analisa tebal perkerasan lentur**

### • Faktor regional

Rumus:

$$\text{Presentase kendaraan berat} = \frac{\text{jumlah kendaraan berat}}{\text{jumlah kendaraan}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.13)$$

Setelah itu dapat dilanjutkan dengan melihat tabel dibawah ini:

Tabel 2.21 Faktor Regional (FR)

	Kelandain I ( < 6% )		Kelandain II ( 6 – 10 % )		Kelandain III (>10%)	
	% kendaraan berat		% kendaraan berat		% kendaraan berat	
	≤ 30%	< 30%	≤ 30%	< 30%	≤ 30%	< 30%
Iklim 1< 900mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 2,5
Iklim 1< 900mm/th	1,5	2,0 – 2,5	2,0	2,5 – 3,0	2,5	3,0 – 3,5

sumber : SNI 1732-1989-f

Catatan :

Pada bagian tertentu jalan, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 cm) FR ditambah 0,5. pada daerah rawa, FR ditambah 1,0.

### • Indeks permukaan

Dalam menentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan/kehalusan serta kekokohan) pada awal umur rencana. Besarnya nilai indeks permukaan pada awal umur rencana dapat dilihat pada Tabel 2.11.

### • Indeks permukaan akhir

Untuk menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah lintas ekivalen rencana (LER). Adapun kisaran nilai indeks tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.12.



### • Indeks tebal perkerasan

Adalah suatu angka yang berhubungan dengan penentuan tebal perkerasan. Penentuan nilai indeks tebal perkerasan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini

$$\text{Log}_0 (LER \times 3650) = 9,36 \times \text{Log}_0 \left( \frac{ITP}{2,54} + 1 \right) - 0,2 + \frac{\text{Log}_0 \left( \frac{\Delta PSI}{4,2-1,5} \right)}{0,4 + \left( \frac{1094}{\left( \frac{ITP}{2,54} \right)^{5,19}} \right)} + \text{Log}_0 \frac{1}{FR} + 0,372 \times (DDT - 3,0) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

LER = Lintas Ekivalen Rencana

3650 = Jumlah hari dalam 10 tahun

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

DDT = Daya Dukung Tanah Dasar

$\Delta PSI$  = Perbedaan Serviceability Index di awal dan akhir umur rencana

FR = Faktor Regional

### • Koefisien kekuatan relatif

Koefisien kekuatan relatif (a) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah ditentukan secara korelasi sesuai nilai Marshall Test (untuk bahan dengan aspal), kuat tekan (untuk bahan yang diperkuat dengan semen atau kapur) atau CBR (untuk bahan lapis pondasi bawah). Jika alat Marshall Test tidak tersedia, bahan beraspal bias diukur dengan cara lain seperti Hveem Test, Hubbard Field, dan Smith Triaxial. Besarnya koefisien kekuatan relatif dapat dilihat pada Tabel 2.13.

### • Susunan lapisan perkerasan

Dalam menentukan tebal lapisan perkerasan, dipergunakan persamaan ini:

$$\overline{ITP} = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana:

ITP = Indeks Tebal Perkerasan

a1 = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan

a2 = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi atas

$a_3$  = koefisien kekuatan relatif lapis pondasi bawah

$D_1$  = tebal lapis permukaan

$D_2$  = tebal lapis pondasi atas

$D_3$  = tebal lapis pondasi bawah

Berikut adalah batas-batas minimum tebal lapisan perkerasan:

1. Lapis permukaan
2. Lapis pondasi

**Tabel 2.22** Batas Tebal Minimum Lapis Pondasi

ITP	Tebal minimum (cm)	Bahan
< 3,00	15	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
3,00 – 7,49	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur
	10	Laston atas
7,50 – 9,99	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam,
	15	Laston atas
10 – 12,14	20	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stabilitas tanah dengan semen, stabilitas tanah dengan kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

Sumber : SNI 1732-1989-f

\*)Batas 20cm tersebut dapat diturunkan menjadi 15cm bila untuk pondasi bawah digunakan material butir kasar.

### 3. Lapis pondasi bawah

Untuk setiap nilai ITP bila digunakan pondasi bawah, tebal minimum adalah 1cm.

## 2.6 Struktur Perkerasan CTRB

CTRB merupakan agregat atau material lama yang digunakan untuk pelapisan ulang jalan yang rusak dengan tujuan meminimalisasi biaya konstruksi (Anwar, 2016). CTRB memiliki beberapa keuntungan yaitu sebagai berikut:

1. Stabilisasi menggunakan semen akan menambah kekuatan material lapis yang memberikan kekakuan pada pondasi dan mengurangi lendutan akibat beban lalu lintas, sehingga menghasilkan tegangan yang lebih rendah di atasnya. Hal ini, akan memperlambat terjadinya kerusakan permukaan seperti fatigue cracking dan memperpanjang umur jalan.
2. Ketebalan yang lebih tipis, lapis pondasi CTRB memiliki kemampuan lebih baik dalam mereduksi tegangan yang diterima oleh tanah dasar dibandingkan lapis pondasi granular dengan ketebalan lebih tinggi.
3. Perkerasan yang distabilisasi menggunakan semen membentuk struktur yang kedap akan mencegah intrusi air ke dalam struktur perkerasan sehingga kekuatan dan kekakuan struktur tetap terjaga, bahkan pada kondisi air jenuh.
4. Lapisan CTRB dapat mengurangi kemungkinan terjadinya *pumping* dan *intermixing subgrade fines*.

Material penyusun dalam campuran CTRB yaitu sebagai berikut, (Tumbelaka, 2019).

1. Semen merupakan bahan perekat yang berfungsi mengikat bahan agregat. Jenis semen yang sering digunakan dalam proyek rehabilitasi maupun rekonstruksi yaitu semen portland.
2. Material Daur Ulang *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) merupakan material yang berasal dari lapis permukaan jalan dan *Reclaimed Aggregate Material* (RAM) merupakan material tidak mengandung aspal yang berasal dari lapis pondasi jalan.
3. Pozolan Aspal (*Tras*) merupakan material yang dihasilkan dari pelapukan hasil erupsi gunung merapi. Pozolan merupakan bahan yang mengandung silika atau alumina silika yang memiliki sifat mengikat semen.

Untuk mengetahui struktur perkerasan daur ulang atau biasa disebut dengan Pavement Recycling yaitu mulai dari tanah dasar, lapis pondasi bawah, perkerasan lama yang sudah diolah kembali (CTRB), dan lapis permukaan (aspal) dapat dilihat pada Gambar 2.22. Teknologi Daur Ulang Campuran Dingin CTRB:

## a) Bahan

Bahan Garukan:

- RAP (Reclaimed Asphalt Pavement): hasil garukan mengandung bahan pengikat.
- RAM (Reclaimed Aggregate Material): agregat tanpa bahan pengikat.
- Daur ulang dengan Bahan Tambahan Semen:
- RAP + RAM + Agregat Baru (jika diperlukan) + Semen lalu dipadatkan pada kadar air optimum.

## b) Alat

- Alat Penggaruk (Milling)

Recycler

- Alat Pemadat: Sheepfoot Roller, Vibro (Kombinasi roda karet dan roda besi), PTR - Cement Distributor
- Grader
- Truck Pengangkut
- Tangki Air

## c) Faktor Effisiensi (FE)

Homogenitas campuran di lapangan sangat tergantung dari Faktor Effisiensi (FE) dari cara pencampuran yang digunakan yaitu:

- Instalasi pencampur: 80% - 100%
- Alat pencampur rotor: 60% - 80%
- Alat pembentuk mekanik: 40% - 50%
- Mix in place (Alat pencampur berjalan): 60% - 80%

## d) Kadar Semen yang diperlukan di lapangan ditentukan sebagai berikut:

- Kuat tekan bebas sesuai dengan ketentuan yang berlaku ( $q_u$  lap).
- Kuat tekan bebas lapangan terkoreksi ( $q_u$  koreksi).

- Kadar semen di lapangan ditentukan dari memplotkan  $q_u$  lap terkoreksi kedalam grafik  $q_u$  lap dengan kadar semen.

e) Pencampuran dan Penghamparan

Pencampuran dari material daur ulang, semen dan air (serta agregat baru bila diperlukan) dilakukan dengan cara pencampuran ditempat (mix in place) dengan single pass stabilization machines minimum 350 HP yang dilengkapi dengan unit pengendali kadar air. Alat tersebut minimum harus mampu menggaruk sedalam 30 cm dan diameter butiran maksimum sesuai dengan butiran agregat maksimum campuran beraspal yang ada serta hasil pencampuran memiliki tingkat kehomogenan cukup baik. Tahap pencampuran dan penghamparan sebagai berikut:

- Lapis perkerasan lama yang didaur ulang digaruk dan dihancurkan sampai diameter butir yang sesuai dengan peruntukannya
- Bahan garukan yang telah siap ditentukan kadar airnya.
- Kemudian semen disebar merata dengan alat Cement Distributor diatas permukaan dengan takaran (rate) yang telah ditentukan.
- Selanjutnya, mesin pengaduk secara mekanis mengaduk secara merata semen dan material daur ulang dengan menambah air sampai menyamai batas kadar air yang ditentukan oleh prosedur rancangan campuran laboratorium. Pengendalian Mutu.
- Segera sebelum pemadatan dimulai, contoh – contoh campuran harus diambil dari lokasi yang diperintahkan Direksi Pekerjaan dengan interval satu dengan lainnya tidak lebih dari 500 meter di sepanjang proyek.
- Kepadatan yang dicapai harus lebih besar dari 95% maksimum kepadatan kering ( $> 95\% \text{ MDD}$ ).
- Segera setelah pemadatan setiap lapisan selesai dilaksanakan, pengujian kepadatan lapangan harus dilaksanakan, di lokasi yang telah diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan dengan interval tidak melebihi 100 m disepanjang jalan. Setiap lokasi pengujian yang kelima harus sama dengan lokasi

pengambilan contoh sebelum penggilasan. Hasil kepadatan dan kadar air pengujian konus pasir (sand cone) harus dibandingkan dengan nilai rata – rata dari kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum yang diukur dari dua benda uji, untuk menentukan persentasi pemadatan yang dicapai di lapangan dan menentukan apakah pengendalian kadar air di lapangan cukup memadai.

- Perawatan (curing):

Permukaan harus ditutup dengan menggunakan:

- Lembaran plastik atau terpal untuk menjaga penguapan air dalam campuran.
- Penyemprotan dengan Bituminous Emulsi CSS-1 pemakaian antar 0,35 – 0,50 liter per meter persegi.
- Metode lain adalah menutupi dengan karung goni yang dibasahi air selama masa perawatan. Penghamparan lapis berikutnya:
- Lapis padat CTRB dijaga dan penghamparan lapis berikutnya minimum setelah 4 hari.
- Kriteria kekuatan CTRB: Kuat tekan pada umur 7 hari: UCS (diameter 70 mm x tinggi 140 mm) minimal 30 kg/cm<sup>2</sup> dan Compressive Strength Syllinder min 35 kg/cm<sup>2</sup>.

Lapis Permukaan
CTRB
Lapis Pondasi Bawah
Tanah Dasar

**Gambar 2.5** Struktur Perkerasan dengan CTRB (Sumber: Andriyanto, 2010)



## 2.7 Analisis Biaya

Analisis harga satuan pekerjaan menghitung harga satuan dasar upah tenaga kerja, HSD alat dan HSD bahan, yang selanjutnya menghitung harga satuan pekerjaan sebagai bagian dari harga perkiraan sendiri (HPS). Pekerjaan yang dilaksanakan secara manual, tersedia tabel koefisien bahan dan koefisien upah, sementara untuk pekerjaan yang dilaksanakan secara mekanis, penetapan koefisien dilakukan melalui proses analisis produktivitas.

Komponen anggaran biaya pada proyek pemeliharaan meliputi peralatan, tenaga kerja, bahan, dan biaya lainnya secara tidak langsung harus meliputi biaya administrasi perkantoran beserta stafnya yang berfungsi mengendalikan pelaksanaan proyek serta pajak yang harus dibayar sehubungan dengan adanya pelaksanaan proyek. Untuk mendapatkan pekerjaan yang efektif dan efisien, maka komponen alat, tenaga kerja dan bahan perlu dianalisis penggunaannya.

### 1. Analisis harga satuan peralatan

Besarnya biaya yang dikeluarkan pada komponen biaya alat yang meliputi biaya pasti dan biaya tidak pasti atau biaya operasi per satuan waktu tertentu, untuk memproduksi satu satuan pengukuran pekerjaan tertentu. Analisis HSD alat memerlukan data upah operator atau sopir, spesifikasi alat meliputi tenaga mesin, kapasitas kerja alat (m<sup>3</sup>), umur ekonomis alat, jam kerja dalam satu tahun, dan harga alat. Setelah masing-masing peralatan diketahui biayanya, maka selanjutnya adalah melakukan analisis jumlah peralatan yang akan digunakan. Karena peralatan yang digunakan mungkin cukup banyak, maka dalam perhitungan biaya alat, alat diperhitungkan dalam satu tim peralatan dengan produksi pekerjaan merupakan produksi terkecil dari alat yang digunakan. Alat-alat lain yang produksinya lebih besar akan mengalami pengurangan efisiensi karena harus menunggu alat lain yang produksinya lebih kecil.

$$\text{Harga satuan alat (Rp/Sat.Pek)} = \frac{\text{jumlah biaya alat}}{\text{produksi pekerjaan}} \dots\dots\dots(2.12)$$

### 2. Analisis Harga Satuan Tenaga Kerja

Dalam pelaksanaan pekerjaan umum diperlukan keterampilan yang memadai untuk dapat melaksanakan suatu jenis pekerjaan. Untuk menjamin pekerjaan lapangan dapat dilaksanakan dengan baik, kelompok kerja harus memiliki keterampilan yang teruji. Tenaga kerja pada pekerjaan jalan pada umumnya hanyalah sebagai pembantu pekerjaan alat yang merupakan fungsi utama dalam penyelesaian pekerjaan, sehingga tidak perlu dilakukan analisis yang lebih dalam lagi.

$$\text{Harga satuan tenaga (Rp/Sat.Pek)} = \frac{\text{jumlah upah tenaga}}{\text{produksi pekerjaan}} \dots\dots\dots(2.13)$$

### 3. Analisis Harga Satuan Bahan

Faktor yang mempengaruhi harga satuan dasar bahan antara lain adalah kualitas kuantitas, dan lokasi asal bahan. Faktor-faktor yang berkaitan dengan kuantitas dan kualitas bahan harus ditetapkan dengan mengacu pada spesifikasi yang berlaku. Analisis kebutuhan bahan sangat diperlukan, karena keterlambatan pekerjaan biasanya disebabkan keterlambatan dalam penyediaan bahan yang digunakan. Untuk menganalisis kebutuhan bahan juga diperlukan, karena pada perhitungan volume pekerjaan kondisinya padat, sedangkan bahan dipasaran ditawarkan dalam kondisi tidak padat. Dalam perhitungan jumlah bahan tiap satuan pekerjaan juga diperhitungkan formula rancangan campuran, adapun bahan konstruksi jalan umumnya seperti agregat kasar, agregat halus dan aspal.

$$\text{Harga satuan tenaga (Rp/Sat.Pek)} = \text{jumlah harga satuan bahan penyusun} \times \text{kuantitas} \dots\dots\dots(2.14)$$

### 4. Analisis Biaya Lain

Biaya-biaya lain yang harus diperhitungkan adalah biaya tidak langsung, misalnya administrasi kantor, alat-alat komunikasi, kendaraan kantor, pajak, asuransi, serta biaya-biaya lain yang harus dikeluarkan, walaupun biaya tersebut tidak secara langsung terlibat dalam proses pelaksanaan pekerjaan. Biaya-biaya ini sering disebut dengan overhead dan biasanya dinyatakan dengan persen terhadap biaya langsung yang besarnya tidak lebih dari 10%, tidak termasuk PPN

10%. Demikian juga keuntungan perusahaan sering dinyatakan dengan persen terhadap biaya langsung yang besarnya juga tidak lebih dari 10%.

#### 5. Analisis Harga Satuan Pekerjaan

Komponen untuk menyusun harga satuan pekerjaan (HSP) diperlukan data HSD upah, HSD alat dan HSD bahan.

Harga satuan pekerjaan = Biaya (alat+tenaga kerja+bahan) + Biaya lain  
 .....(2.15)

